

# Pemanfaatan Buah Mahkota Dewa (*Phaleria Macrocharpa*) Sebagai Green Corrosion Inhibitor Pada Baja API 5L Grade B Dilingkungan 3,5% NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

Fiki Maizal Candra dan Sulistijono

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Kampus ITS, Keputih, Surabaya 60111

E-mail: ssulistijono@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak** - Buah mahkota dewa merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan antioksidan tinggi yang bisa digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja API 5L grade B di lingkungan NaCl 3,5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M. Buah mahkota dewa di ekstrak dengan metode refluks kemudian di karakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk menentukan kandungan flavonoid total yang terdapat pada ekstrak buah mahkota dewa. Untuk pengujian laju korosi, efisiensi inhibitor serta mekanisme inhibisi menggunakan pengujian *weight loss*, polarisasi potenciodinamik, EIS dan uji FTIR. Dari pengujian yang telah dilakukan di ketahui efisiensi tertinggi inhibitor ekstrak buah mahkota dewa dilingkungan NaCl 3,5% adalah 79,15 pada penambahan inhibitor 2000 ppm pada waktu 288 jam dengan efisiensi rata rata 77,24%. Pada larutan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M efisiensi tertinggi inhibitor ekstrak buah mahkota dewa adalah 87,672% pada penambahan inhibitor sebanyak 4000 ppm pada waktu 6 jam dengan rata rata efisiensi di 4000 ppm adalah 81,06%. Ekstrak buah mahkota dewa merupakan tipe *mixed inhibitor* untuk media elektrolit NaCl 3,5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M. Dengan mekanisme inhibisi adsorpsi fisisorpsi.

**Kata kunci:** inhibitor, mixed inhibitor, adsorpsi fisisorpsi

## I. PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan yang sangat vital dalam setiap industri, baik itu industri manufaktur, maupun di pengolahan minyak dan gas. Peran baja bisa ditemukan diberbagai bidang, baik itu untuk konstruksi, instalasi, maupun sarana transportasi. Jenis baja yang sering digunakan adalah baja karbon, hal ini dikarenakan baja karbon mudah dalam proses pembentukan, ekonomis serta memiliki sifat mekanik yang cukup bisa diandalkan, namun baja karbon memiliki kelemahan yang sangat mendasar yaitu sangat rentan terhadap serangan korosi, hampir semua instalasi di industri yang terdiri dari baja karbon mengalami korosi. korosi merupakan masalah yang sangat serius di dalam segala bidang, baik itu industri manufaktur, pertambangan maupun di dunia minyak dan gas.

Korosi adalah suatu proses degradasi material dan penurunan kualitas suatu material akibat pengaruh reaksi kimia dan elektrokimia dengan keadaan lingkungannya<sup>[1]</sup>. Untuk mencegah atau meminimalisasi terjadinya kerusakan akibat korosi tersebut dapat diatasi dengan berbagai macam metode seperti proteksi katodik, anoda tumbal, arus tanding dan inhibitor. Dari beberapa cara tersebut, untuk melindungi logam dari internal corrosion penggunaan inhibitor korosi merupakan salah satu metode yang paling praktis<sup>[2]</sup>. Inhibitor merupakan metode proteksi yang fleksibel karena dapat digunakan pada lingkungan yang tidak begitu korosif hingga lingkungan yang memiliki tingkat korosif yang tinggi. Inhibitor adalah suatu zat yang ditambahkan pada media yang bersifat korosif dengan tujuan dapat menghambat laju korosi.

Pada dasarnya tanaman yang bisa dijadikan sebagai inhibitor organik adalah tanaman yang memiliki sifat antioksidan, seperti mengandung senyawa flavonoid, tanin, asam askorbat, fenolik, dan lain lain. *Green inhibitor* mengandung atom N, O, P, S, dan atom atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Unsur yang mengandung pasangan elektron bebas akan membentuk senyawa kompleks dengan logam<sup>[3]</sup>.

Buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) ini adalah tanaman tropis yang berasal dari Pulau Papua dan banyak digunakan sebagai bahan obat untuk menyembuhkan kanker dan diabetes melitus<sup>[4]</sup>. Di dalam kulit buah mahkota dewa terkandung senyawa alkaloid, saponin, dan flavonoid, sementara dalam daunnya terkandung alkaloid, saponin, serta polifenol. Senyawa saponin diklasifikasikan berdasarkan struktur aglikon ke dalam triterpenoid dan steroid saponin. Kedua senyawa tersebut mempunyai efek anti inflamasi, analgesik, dan sitotoksik<sup>[5]</sup>.

Oleh karena itu dalam penelitian kali ini peneliti akan memanfaatkan buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) yang mengandung senyawa antioksidan seperti alkaloid, saponin, dan flavonoid sebagai inhibitor korosi. Media yang digunakan pada penelitian ini adalah lingkungan 3,5% NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M. Material yang digunakan adalah API 5L Grade B dengan variasi konsentrasi inhibitor 0 mg/L, 1000 mg/L (1000 ppm), 2000 mg/L (2000 ppm), 3000 mg/L (3000 ppm), 4000 mg/L (4000 ppm), dan 5000 mg/L (5000 ppm).

## METODOLOGI PENELITIAN

### A. Preparasi Inhibitor

Metode ekstraksi yang digunakan adalah metode refluks. Ekstraksi dilakukan dengan pelarut metanol 80%. Serbuk buah mahkota dewa di masukkan kedalam labu leher dua sebanyak 65 gram, kemudian ditambahkan metanol sebanyak 750 ml. Setelah itu dipanaskan dengan temperatur 70°C selama 90 menit. Kemudian disaring sehingga didapatkan ekstrak buah mahkota dewa dengan pelarut metanol, selanjutnya dipekatkan dengan cara dipanaskan dengan temperatur 70°C menggunakan wadah aluminium sampai larutan tersebut pekat. Sehingga akan didapatkan ekstrak pekat buah mahkota dewa.

### B. Preparasi Spesimen

Untuk pengujian *weight loss* baja API 5L grade B dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm. Spesimen di bor dengan ukuran mata bor 3 mm. Sebelum dilakukan perendaman masing masing spesimen dihitung berat awalnya. Untuk spesimen polarisasi potenciodinamik dan EIS spesimen dibubut dengan diameter 1cm. kemudian di solder dengan kawat tembaga, setelah itu di resin menggunakan resin epoxy. Kemudian diampelas dengan grade 80, 100, 200, 500, 800, 1000.

### C. Preparasi Larutan

Larutan yang digunakan adalah 3.5% NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M Untuk mendapatkan 1000 ml larutan 3.5% NaCl, timbang kristal NaCl sebanyak 35,24 gram kemudian ditambahkan aquades hingga volumenya 1000 ml dalam gelas beker. Sedangkan untuk mendapatkan 1000 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M, diambil 54,34 ml larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% kemudian ditambahkan aquades hingga volumenya 1000 ml dalam gelas beker.

### D. Pengujian Spektrometer

Pengujian ini bertujuan menentukan komposisi kimia unsur penyusun baja API 5L grade B. Standar yang digunakan pada pengujian ini adalah JIS G 1253 : 2002. Pada dasarnya



prinsip pengujian ini adalah dengan menggunakan panjang gelombang dan intensitas sinar yang terpancar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya dan intensitas sinar yang terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsurnya.

E. Pengujian Spektrofotometri UV-Visible

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kandungan flavonoid total yang terdapat pada ekstrak buah mahkota dewa. Prinsip kerja dari pengujian ini didasarkan pada pajang gelombang yang terabsorbsi oleh ekstrak buah mahkota dewa. Selain menentukan persentase flavonoid total ekstrak buah mahkota dewa pengujian spektrofotometri UV-Vis juga bisa menentukan jenis flavonoid berdasarkan panjang gelombang yang diserap oleh ekstrak buah mahkota dewa.

F. Pengujian Weight Loss

Pengujian weight loss ini didasarkan pada kehilangan berat spesimen setelah dilakukan perendaman ke media elektrolit tertentu. Pada penelitian ini media elektrolit yang digunakan adalah NaCl 3,5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dengan penambahan inhibitor 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ppm. Perendaman ini dilakukan selama 30 hari untuk media elektrolit NaCl 3,5% dengan pengambilan sampel tiap 6 hari dan 36 jam untuk media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dengan pengambilan sampel tiap 6 jam.

G. Pengujian Polarisasi Potensiodinamik

Pengujian ini menggunakan AUTOLAB PGSTAT dengan bantuan software NOVA 1.8. Elektroda kerja yang digunakan adalah baja API 5L grade B, elektroda bantu platina dan elektroda reference Ag/AgCl. Scan rate pengujian adalah 0,001V/s Dari pengujian polarisasi potensiodinamik diketahui laju korosi dan efisiensi inhibitor serta juga diketahui jenis inhibitor ekstrak buah mahkota dewa

H. Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy

Electrochemical Impedance Spectroscopy adalah suatu metode untuk menganalisis respon suatu elektroda terkoroosi terhadap suatu sinyal potensial AC sebagai fungsi frekuensi, selain itu juga digunakan untuk menganalisis mekanisme inhibisi yang terjadi antara permukaan spesimen dengan inhibitor buah mahkota dewa, apakah secara transfer muatan atau transfer massa. Dari pengujian EIS diketahui parameter parameter elektrokimia seperti tahanan polarisasi (Rp), tahanan larutan (Rs), *constant phase element*, induktansi, dan kapasitansi.

II. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Pengujian Spektrometer

Uji spektrometri bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat pada baja API 5L grade B. Komposisi kimia memegang peranan yang sangat penting dalam menentukan sifat mekanik dari suatu material. Ketahanan terhadap korosi juga ditentukan dari unsur unsur penyusun dari suatu material. Baja API 5L grade B tergolong kedalam baja karbon rendah, dimana komposisi unsur kimia penyusunnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian Spektroskopi

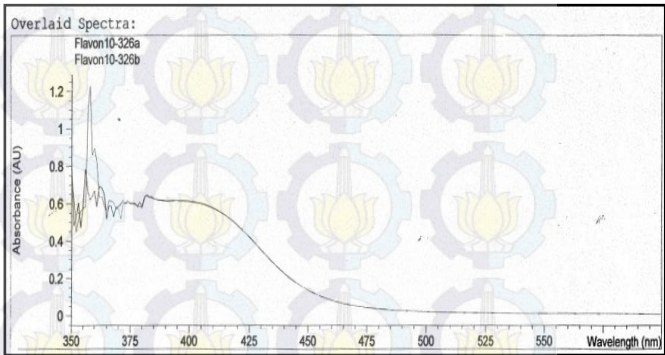
Komposisi Kimia	Persentase (%)
C	0,19526
Si	0,18809
Mn	0,37488
Ni	0,02316
Cr	0,04622
Al	0,00122
Fe	99,122

Dari tabel 1 diatas diketahui unsur unsur yang berpengaruh terhadap ketahanan korosi baja API 5L grade B. Kandungan karbon sebesar 0,19526 % menyatakan bahwa baja API 5L grade B ini adalah baja karbon rendah. Baja

karbon rendah adalah baja yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%.

B. Hasil Flavonoid Total

Pada gambar 1 memperlihatkan hasil pengujian spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui kadar flavonoid total dalam buah mahkota dewa dan struktur kimia yang terdapat dalam ekstrak buah mahkota dewa yang dapat dilihat dari spectrum UV-Vis.



Gambar 1. Hasil Spektrum UV-Vis pada buah mahkota dewa

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai absorbansi ekstrak buah mahkota dewa pada dua kali pengulangan terdapat pada panjang gelombang yang sama yaitu pada panjang gelombang 403 nm dengan nilai absorbansi masing masing sebesar 0,60577 dan 0,60709.

Untuk mengetahui persentase kandungan flavonoid yang terdapat didalam ekstrak buah mahkota dewa digunakan persamaan dibawah ini:

% flavonoid = Absorbansi sampel x 1,25/g sampel (1)

Dari persamaan 1 maka didapatkan persentase kandungan flavonoid buah mahkota dewa sebesar:

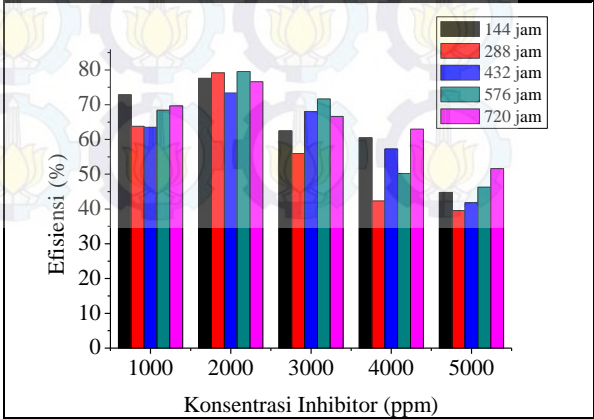
Tabel 2. Persentase kandungan flavonoid buah mahkota dewa

No	Sample (g)	Absorbansi	% Flavonoid
1	1.0321	0.60577	0.734
2	1.0405	0.60709	0.729

Dari tabel 2 diatas diketahui kandungan flavonoid yang terdapat pada ekstrak buah mahkota dewa cukup tinggi bila diekstrak dengan metode refluks, jika dibandingkan dengan diekstrak dengan metode sokhlet yang pernah dilakukan oleh Yuli Rohyami, didalam jurnalnya yang berjudul “Penentuan Kandungan Flavonoid dari Ekstrak Metanol Daging Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa* Scheff Boerl)” didapatkan bahwa persentase flavonoid pada buah mahkota dewa matang sebesar 0,004463%.<sup>[7]</sup>

C. Hasil Pengujian Weight Loss

Hasil pengujian *weight loss* yang didapatkan digunakan untuk menghitung efisiensi inhibitor pada larutan 3.5% NaCl dengan konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, dan 5000 ppm ditunjukkan pada gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Hubungan konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibitor di lingkungan NaCl 3,5%



Efisiensi tertinggi terdapat pada konsentrasi inhibitor buah mahkota dewa 2000 ppm dimana efisiensinya mencapai 79,5%, keadaan ini sesuai dengan kurva laju korosi diatas, dimana pada konsentrasi inhibitor 2000 ppm merupakan laju korosi paling redah.

Efisiensi inhibitor sangat erat hubungannya dengan fraksi dari permukaan yang ditutupi oleh adsorpsi dari molekul inhibitor (Θ) yang nantinya akan digunakan untuk menentukan nilai konstanta Gibbs sehingga dapat diketahui tipe inhibisi dari inhibitor tersebut. Derajat dari *surface coverage* Θ dihitung menggunakan persamaan seperti berikut :

Θ = IE% / 100 ( 2 )

Dimana:

- Θ : Surface coverage
- IE : Efisiensi inhibitor

Untuk menentukan adsorpsi yang terjadi pada inhibitor dapat dihitung melalui persamaan *Langmuir adsorption isotherm* yaitu sebagai berikut :

$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{k} + C$  (3)

$k = \frac{1}{55.5} \exp \left( \frac{-\Delta G^0_{ads}}{RT} \right)$  (4)

Dimana :

- C : Konsentrasi Inhibitor (g/l)
- K : Konstanta Adsorpsi
- T : Temperatur (K)
- R : Konstanta Gas Ideal (8.314 J/mol K)
- ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub> : Standart Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol)

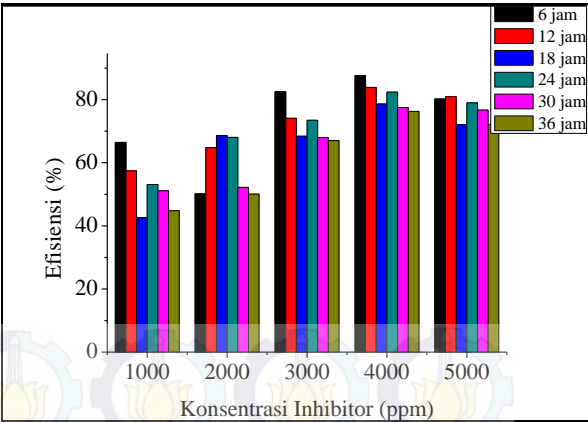
Dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 maka didapatkan nilai k dan nilai ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub>. Nilai nilai ini nanti akan menentukan jenis atau tipe adsorpsi yang terjadi pada permukaan baja API 5L grade B, apakah bersifat fisis atau kimiawi. nilai k dan nilai ΔG<sup>0</sup><sub>ads</sub> untuk masing masing penambahan inhibitor seperti yang terdapat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 3.** Nilai Energi Bebas Adsorpsi Akibat Penambahan Ekstrak buah mahkota dewa pada media elektrolit NaCl3,5%

Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Eisiensi (%)	Survace Coverage (Θ)	Konstanta Adsorpsi	ΔG <sup>0</sup> <sub>ads</sub> (kJ/mol)
1000	67,6224	0,676224	0,002089	-5,33892
2000	77,2442	0,772442	0,001697	-5,85294
3000	64,9384	0,649384	0,000617	-8,35847
4000	54,6418	0,546418	0,000301	-10,1369
5000	44,8002	0,448002	0,000162	-11,6683

Berdasarkan tabel diatas, nilai energi bebas adsorpsi berada pada rentang nilai -5,33892 Kj/mol sampai -11,6683 Kj/mol. Menurut Taleb Ibrahim, dkk, nilai energi bebas adsorpsi yang kurang dari -20 kJ/ mol mengindikasikan terjadi adsorpsi fisik pada permukaan logam.<sup>[8]</sup> sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorpsi yang terjadi pada permukaan logam melibatkan adsorpsi secara fisik. Adsorpsi ini bersifat lemah karena proses adsorpsi yang terjadi dapat bersifat *reversible*. Namun hal ini memiliki keuntungan yaitu ketika proses adsorpsi terjadi tidak membutuhkan waktu yang cukup lama jika dibandingkan dengan proses adsorpsi yang terjadi secara kimia. Nilai energi bebas adsorpsi yang bertanda negatif menandakan bahwa reaksi tersebut berlangsung secara spontan.

Efisiensi dari inhibitor ekstrak buah mahkota dewa dilingkungan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dapat dilihat pada diagram dibawah ini

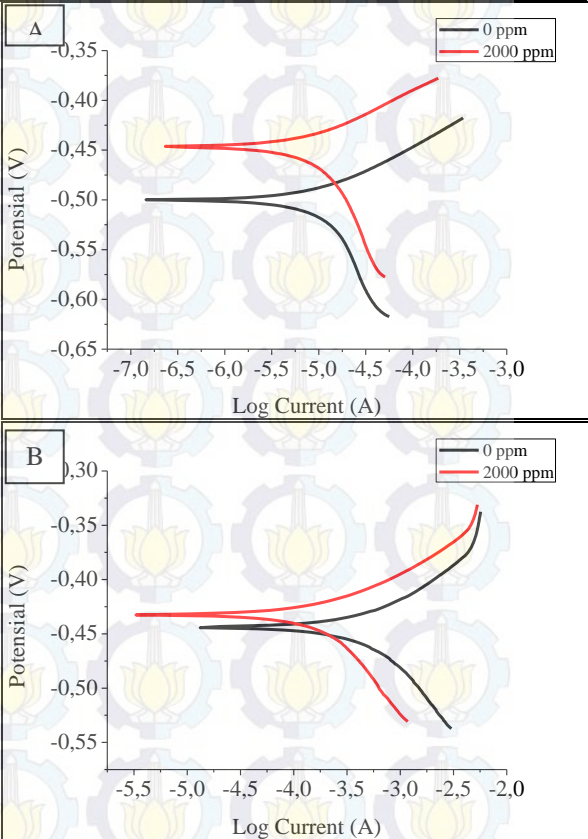


**Gambar 3.** Hubungan konsentrasi inhibitor dan efisiensi dilingkungan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

Efisiensi maksimum dari inhibitor buah mahkota dewa disetiap rentang waktu pencelupan adalah 4000 ppm

D. Hasil Pengujian Polarisisasi Potensiodinamik

Hasil pengujian polarisisasi potensiodinamik pada media elektrolit NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor ekstrak buah mahkota dewa 0 ppm dan 2000 ppm dan media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dengan penambahan inhibitor 4000 ppm dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 4.** Kurva Polarisisasi E versus log i  
a. Media elektrolit NaCl 3,5% .  
b. b H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa penambahan inhibitor buah mahkota dewa dengan konsentrasi 2000 ppm pada media NaCl 3,5% dan 4000 ppm pada media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dapat menurunkan kerapatan arus (A) dan menaikkan potensial (V) sehingga dapat menurunkan laju korosi pada material baja API 5L grade B.

Pada tabel dibawah ini adalah perbandingan nilai E<sub>corr</sub>, I<sub>corr</sub>, laju korosi dan efisiensi inhibitor pada baja API 5L grade B dalam lingkungan elektrolit NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor 0 dan 2000 ppm serta 0 dan 4000 ppm pada media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M



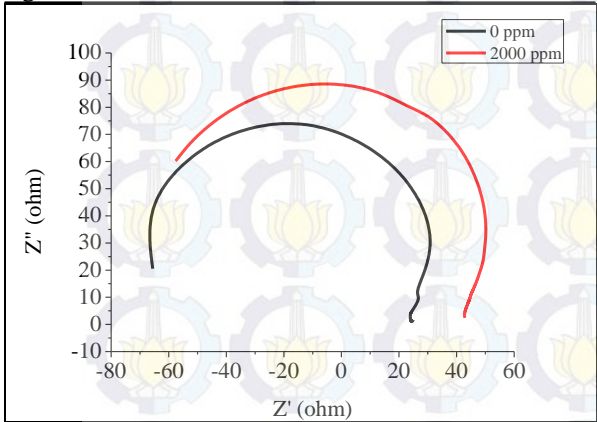
Tabel 4. Hasil perhitungan dari kurva polarisasi

Konsentrasi (ppm)	CR (Mpy)	E corr (V)	i-corr (μA/cm <sup>2</sup> )	%EI
0	7,646	-0,499	16,709	0
2000	6,317	-0,446	13,805	17,3
0	542,812	-0,443	1186,21	0
4000	113,469	-0,432	247,96	79,09

Dari tabel diketahui bahwa nilai  $E_{corr}$  dengan penambahan inhibitor ekstrak buah mahkota dewa sebanyak 2000 ppm di media NaCl 3,5% dan 4000 ppm di media H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M lebih positif bila dibandingkan dengan tanpa inhibitor. Dengan demikian inhibitor ini cenderung mengarah kepolarisasi katodik. Inhibitor dapat dikategorikan sebagai anodik atau katodik jika potensial korosi bergeser lebih dari 85mV terhadap potensial korosi tanpa inhibitor<sup>[9]</sup>. Dari tabel diatas diketahui nilai potensial  $E_{corr}$  pada penambahan 0 ppm ekstrak buah mahkota dewa adalah sebesar 0,44908 V dan nilai potensial  $E_{corr}$  pada penambahan 2000 ppm ekstrak buah mahkota dewa adalah -0,44688 V. Nilai potensialnya bergeser sejauh 53 mV, sehingga tidak memenuhi persyaratan sebagai inhibitor anodik atau katodik. Maka dapat disimpulkan bahwa inhibitor ini adalah *mixed inhibitor*. Selain dari perbedaan nilai potensial tersebut, juga dapat dilihat dari bentuk kurva polarisasi yang mempengaruhi area anodik dan area katodik.

E. Hasil Pengujian EIS

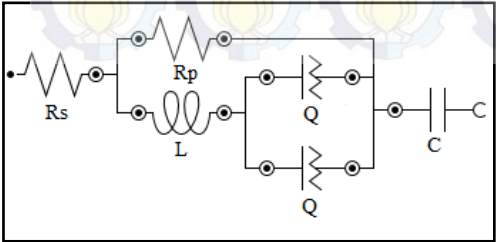
Hasil pengujian EIS di media elektrolit NaCL 3,5% dengan penambahan inhibitor 0 dan 2000 ppm dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 5. Kurva Nyquist Baja API 5L grade B di lingkungan NaCl 3,5%.

Pergeseran terjadi terhadap impedansi *real* ( $Z'$ ) dan juga terhadap impedansi imajiner ( $Z''$ ) dimana diameter Nyquist penambahan inhibitor sebanyak 2000 ppm lebih besar dari pada tanpa penambahan inhibitor (0 ppm). Hambatan yang terbentuk akibat penambahan inhibitor 2000 ppm lebih besar dari pada tanpa penambahan inhibitor. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan inhibitor dapat menghambat laju korosi pada baja API 5L grade B.

Mekanisme inhibisi dapat diketahui melalui parameter elektrokimia dalam EIS yang dapat dijelaskan dalam bentuk rangkaian listrik yang disebut *equivalent circuit*. Parameter elektrokimia dan ekuivalen sirkuit ini didapatkan dengan *analysis fit and simulation*. Ekuivalen sirkuit untuk media elektrolit NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Ekuivalen sirkuit NaCl 3,5%

Dari ekuivalen sirkuit pada gambar diatas diketahui pada mulanya terbentuk tahanan larutan ( $R_s$ ), ketika arus

melewati larutan NaCl 3,5% menuju permukaan baja, pada permukaan baja API 5L grade B terbentuk tahanan sebesar  $R_p$  yang disebabkan oleh adanya adsorpsi senyawa antioksidan pada permukaan baja. Kemudian terbentuk induktansi pada sistem kerja di lingkungan NaCl 3,5% dan juga adanya *constant phase element* yang seri terhadap induktansi, dan tercipta kapasitansi diakhir rangkaian, mengindikasikan adanya *capasitor* pada permukaan baja API 5L grade B akibat adanya transfer muatan pada permukaan baja.

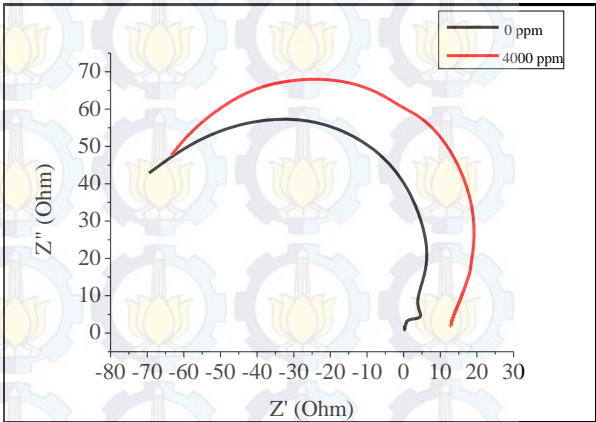
Dari hasil fit and simulation diketahui parameter parameter elektrokimia dari kedua penambahan inhibitor seperti yang terdapat pada tabel dibawah ini

Tabel 5. Parameter parameter elektrokimia di media elektrolit NaCl 3,5%

Parameter Elektrokima	Konsentrasi Inhibitor	
	0 ppm	2000 ppm
$R_s$ (Ohm)	-58,167	-937,7
$R_p$ (Ohm)	85,491	991,38
$Q$ (Mho)	$3,173 \times 10^{-9}$	$4,4699 \times 10^{-9}$
$C$ (F)	$2,0319 \times 10^{-6}$	0,0020095
$L$ (H)	0,0091864	110000

Dari tabel diatas diketahui nilai nilai elektrokimia dimana nilai  $R_p$  pada penambahan inhibitor 2000 ppm lebih besar dibandingkan dengan tanpa penambahan inhibitor. Hal ini mengindikasikan terjadinya transfer muatan pada permukaan logam baja API 5L grade B. Dengan adanya penambahan inhibitor ekstrak buah mahkota dewa akan membentuk lapisan pasif pada permukaan baja, lapisan pasif ini akan menghalangi ion ion negatif larutan untuk bereaksi dengan spesimen, sehingga nilai hambatannya menjadi semakin besar. Nilai  $R_s$  berkaitan dengan konsentrasi ion, jenis ion, temperatur dan geometri area penghantar arus. Setiap larutan memiliki nilai hambatan larutan berbeda dengan yang lainnya. Nilai  $Q$  adalah kebalikan dari nilai tahanan polarisasi ( $R_p$ ). Jika nilai  $R_p$  besar maka nilai  $Q$ nya akan kecil hal ini disebabkan oleh adanya reduksi dari konstanta dielektrik lokal dan atau peningkatan ketebalan dari lapisan rangkap elektrik

Hasil pengujian EIS di media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

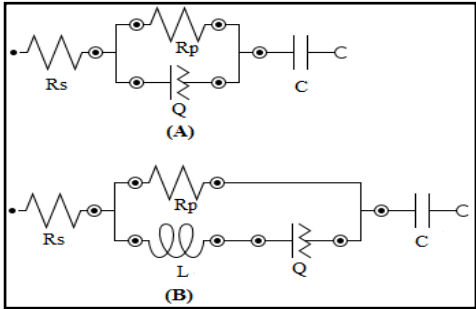


Gambar 7. Kurva Nyquist H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

Dari kurva diatas diketahui bahwa terjadi pergeseran kurva kearah luar baik terhadap impedansi nyata maupun terhadap impedansi imajiner sehingga menyebabkan diameter setengah lingkaran antara penambahan inhbitor 4000 ppm lebih besar dari pada tanpa penambahan inhibitor, dan hambatannya juga lebih. Dengan demikian adanya penambahan inhibitor dapat menghambat laju korosi pada baja API 5L grade B pada media larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M.

Ekuivalen sirkuit untuk media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dengan penambahan inhibitor 0 dan 4000 ppm dapat dilihat pada gambar dibawah ini:





Gambar 11. Ekuivalent sirkuit di media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M. (A) tanpa inhibitor. (B) penambahan inhibitor 4000 ppm

Dari gambar diatas terdapat perbedaan ekuivalen sirkuit antara tanpa penambahan inhibitor dengan penambahan inhibitor sebanyak 4000ppm. Dimana pada penambahan inhibitor 0 ppm tidak memiliki nilai induktansi. nilai induktansi terjadi karena adanya fenomena transfer muatan. Kemungkinan pada lingkungan elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M tanpa penambahan inhibitor lapisan pasif tidak terbentuk, sehingga transfer muatan terjadi sangat cepat (hambatan kecil) sehingga korosi yang terjadi sangat dahsyat. Pada penambahan inhibitor 0 ppm, pertama-tama tahanan larutan terbentuk, kemudian terjadi tahanan polarisasi yang paralel dengan nilai *constant phase element* dan diakhiri dengan terbentuknya kapasitansi diakhir rangkaian. Pada penambahan inhibitor 4000 ppm diawali dengan terbentuknya tahanan larutan, kemudian terbentuk tahanan polarisasi, tahanan polarisasi ini menghalangi transfer muatan dengan nilai hambatan yang lebih besar, karena adanya ini maka terjadi induktansi. selain induktansi juga terdapat *constant phase element*, diakhir rangkaian terbentuk kapasitansi pada permukaan terluar baja API 5L grade B.

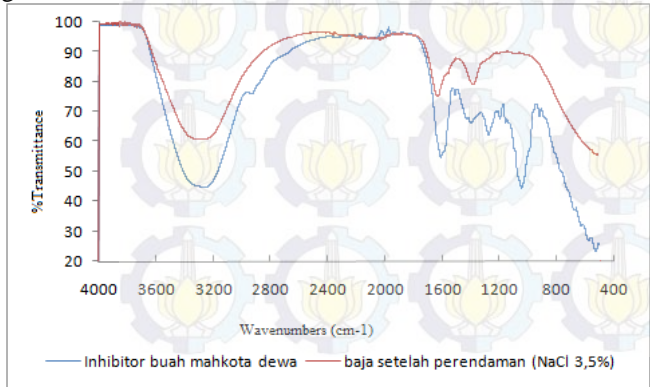
Parameter parameter elektrokimia yang didapatkan dengan analisa fit and simulation dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 6. Parameter parameter elektrokimia di media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M

Parameter elektrokima	Konsentrasi Inhibitor	
	0 ppm	4000 ppm
Rs (Ohm)	-138,14	-342,25
Rp (Ohm)	140,37	359,67
Q (Mho)	2,15 x 10 <sup>-6</sup>	1,3 x 10 <sup>-8</sup>
C (F)	3,8674	1,1 x 10 <sup>5</sup>
L (H)		0,000511

F. Hasil Pengujian FTIR

Hasil pengujian untuk ekstrak buah mahkota dewa dan spesimen hasil perendaman di NaCl 3,5% dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 12 Spektra FTIR buah mahkota dewa dan spesimen NaCl 3,5%

Ekstrak buah mahkota dewa memiliki Gugus fungsi C – H alkana dan alkena, O – H fenol, C = C alkena, C = C cincin aromatik, C – O asam karboksilat.gugus gugus fungsi ini merupakan senyawa senyawa antioksidan yang terdapat pada ekstrak buah mahkota dewa yang berfungsi sebagai pengendali korosi pada baja API 5 L grade B, diantaranya

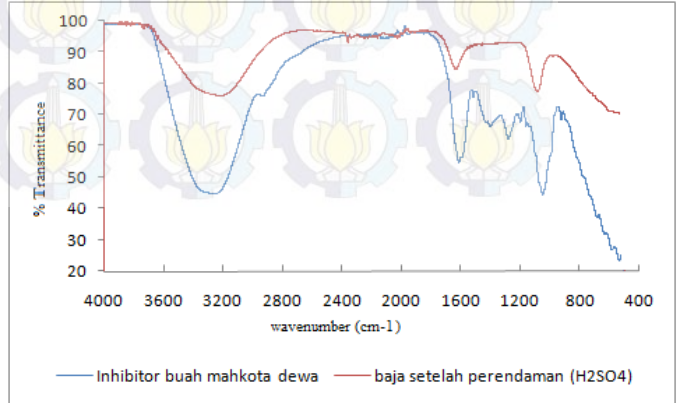
adalah senyawa fenol, Cincin aromatik adalah senyawa turunan dari flavonoid, serta adanya kandungan asam karboksilat yang juga merupakan antioksidan sehingga juga berperan dalam pengendalian korosi. Gugus fungsi untuk masing masing sampel dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 7 Gugus fungsi masing masing uji FTIR

Ikatan	Tipe senyawa	Daerah frekuensi (cm-1)	Intensitas	Mahkota Mewa	NaCl 3,5%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
C – H	Alkana	2850 – 2970	Kuat	2926,65	1400,75	1387,8
C – H	Alkena	1340 – 1470	Sedang kuat	925,59 & 681,79		
C – H	Alkana	3010 - 3095	Kuat			
C – H	Cincin aromatic	675 – 995	Sedang kuat			
O – H	Fenol, monomer alkohol	3300	Berubah ubah	3269,35	3278	3648,9
	ikatan hidrogen, fenol	3010 - 3100	Berubah ubah, terkadang melebar			4
	Monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	2500-2700	Sedang melebar			3239,3
N – H	Amina, Amida	3300 - 3500	sedang			0
C = C	Alkena	1610 - 1680	Berubah ubah	1612,9	1636,5	1629,7
C = C	Cincin aromatic	1500 - 1600	Berubah ubah	1511,35	9	9
C ≡ C	Alkana	2100 - 2260	Berubah ubah			2160,1
C – N	Amina, amida	1180-1360	Kuat			3
C ≡ N	Nitril	2210 – 2280	kuat			
C – O	Alkohol, eter, asam karboksilat, ester	1050 - 1300	kuat	1279,77	1198,57	1085,2
C = O	Aldehid, keton, asam karboksilat, ester	1690 - 1760	Kuat			9
NO <sub>2</sub>	Senyawa nitro	1500 – 1570	Kuat			
		1300 - 1370	kuat			

Pada spesimen NaCl 3,5% dengan penambahan inhibitor mengandung gugus gugus fungsi C - H alkana, O – H fenol, C = C alkena. Senyawa senyawa ini merupakan senyawa senyawa antioksidan yang berasal dari ekstrak buah mahkota yang teradsorpsi pada spesimen baja API 5L grade B.

Spektra FTIR antara buah mahkota dewa dengan spesimen dalam media elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 12 Spektra FTIR buah mahkota dewa dan spesimen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M



Pada specimen  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M ini mengandung gugus gugus fungsi O – H fenol, C = C alkena, C = C alkuna, C – O asam karboksilat. Pada speseimen  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M memiliki senyawa senyawa antioksidan yang berasal dari ekstrak buah mahkota dewa yang teradsorpsi pada permukaan sampel baja API 5L grade, senyawa senyawa antioksidan tersebut diantaranya adalah, fenol yang merupakan turunan dari flavonoid dan asam karboksilat.

Jika dibandingkan ketiga spektra FTIR diatas memiliki kesamaan bentuk dan memiliki bentuk peak yang hampir sama, yang ini menandakan bahwa ekstrak buah mahkota dewa teradsorpsi secara merata pada masing sampel di setiap media elektrolit.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Dari penenelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Inhibitor bisa dijadikan inhibitor korosi baja API 5L grade B pada media elektrolit NaCl 3,5% dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M. Efisiensi tertinggi inhibitor ekstrak buah mahkota dewa dilingkungan NaCl 3,5% adalah 79,15 pada penambahan inhibitor 2000 ppm pada waktu 288 jam dengan efisiensi rata rata 77,24%. Pada larutan elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M efisiensi tertinggi inhibitor ekstrak buah mahkota dewa adalah 87,672% pada penambahan inhibitor sebanyak 4000 ppm pada waktu 6 jam dengan rata rata efisiensi di 4000 ppm adalah 81,06%.
2. Mekanisme inhibisi inhibitor buah mahkota dewa di lingkungan elektrolit NaCl 3,5% dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M adalah dengan transfer muatan dengan tipe proteksi adsorpsi fisisorpsi dan jenis inhibitor *mixed inhibitor*.

##### B. Saran

1. Perlu adanya variasi temperatur dan agitasi pada pengujian selanjutnya untuk melihat kinerja inhibitor ekstrak buah mahkota dewa pada aplikasi yang sebenarnya.

2. Perlu adanya variasi metode ekstraksi untuk menentukan kandungan antioksidan tertinggi yang terdapat pada buah mahkota dewa sehingga akan didapatkan efisiensi tertinggi dengan semakin banyaknya jumlah antioksidan yang terdapat pada ekstrak buah mahkota dewa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jones, Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Toronto : Maxwell Macmillan Canada.
- [2]. Khaled, K. F. 2008. *new synthesized guanidine derivative as a green corrosion inhibitor for mild steel in acidic solutions*. international journal of electrochemical science, 3, 462-475.
- [3]. Hermawan, Beni. 2007. “Ekstrak Bahan Alam Sebagai Alternatif Inhibitor Korosi”. 22 April.
- [4]. Simanjuntak, Paromuan. 2008. “Identifikasi Senyawa Kimia dalam Buah Mahkota Dewa (*Phaleria macrocarpa*), *Thymelaceae*. Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia. Bogor. LIPI
- [5]. Gotama IBI, Sugiarto S, Nurhadi M, Widiyastuti Y, Wahyono S, Prapti II. *Inventaris tanaman obat Indonesia*. Jilid V. Jakarta: Departemen Kesehatan Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan; 1999. hal. 147-8.
- [6]. Markham, K.R., 1988, *Cara Mengidentifikasi Flavonoid*, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata, 15, Penerbit ITB, Bandung
- [7]. Rohyami, Yuli. 2008. *Penentuan Kandungan Flavonoid dari Ekstrak Metanol Daging Buah Mahkota Dewa (Phaleria Macrocarpa Scheffff Boerl.* FMIPA UIL. Yogyakarta
- [8]. Taleb Ibrahim, dkk. 2012. “*The Effect of Thyme Leaves Extraction Corrosiob of Mild Steel in HCl.*” *Progress in Organic Coating* 75 (456-462).
- [9]. Y. Yan, W. li, L, Cai, B Hou, (2008) “Electrochemical and quantum chemical study of purines as corrosion inhibitors for mild steel in 1 M HCl solution”, *Electrochem, Acta* 53 5953